

## ОБ УСЛОВИЯХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН ОТНОСИТЕЛЬНО СТВОЛА ШАХТЫ

И. А. БАЛАШЕВ

### Введение

В существующей литературе и в практике проектных и монтажных организаций по вопросу расположения нормальной двухбарабанной подъемной машины относительно ствола шахты установлен твердый порядок, состоящий в том, чтобы были удовлетворены следующие требования: 1) максимальная длина струны каната не должна быть больше 55 м; 2) углы девиации канатов как внешние, так и внутренние не должны быть больше  $1^{\circ}30'$ ; 3) горизонтальное расстояние от оси шахты до оси барабанов, из условия возможности размещения фундаментов копровых упорных укосин и фундамента подъемной машины, должно быть не меньше величины, определяемой эмпирической формулой Я. В. Бровмана:

$$L_{\text{маш}} \geq 0,6 h_k + 3,5 + D_s [\text{м}] \quad (1)$$

и 4) угол наклона нижнего каната (обычно левого) к горизонтали был не меньше  $35^{\circ}$  во избежание касания каната с рамой машины.

Опыт эксплуатации подъемных установок на шахтах Кузбасса показывает, что указанных требований для надежной и безаварийной эксплуатации подъемных установок недостаточно и возникает еще ряд требований, которые представляется возможным удовлетворить только в процессе монтажа подъемной установки и очень трудно осуществить в уже работающей установке.

Целью настоящей статьи является обоснование дополнительных условий, а также уточнение основных геометрических соотношений и терминологии в вопросе расположения подъемной машины около ствола шахты.

### Основные геометрические соотношения

В дальнейшем будем различать следующие понятия, необходимые в вопросе расположения машины. Монтажная ось—это след плоскости, проходящей по середине осей свеса канатов со шкивов и перпендикулярная как к линии, соединяющей точки осей свисающих ветвей канатов, так и к линии оси барабанов (коренного вала). При закладке фундамента машины и ее установке монтажная ось и ось барабанов (коренного вала) составляют основные координаты для производства монтажных работ.

Ось машины (ось симметрии машины)—линия, перпендикулярная к оси барабанов и делящая пополам расстояние между внутренними ребрами барабанов. В частном случае ось машины может совпадать с монтажной осью. Иногда ось машины и монтажную ось называют осью подъема, что создает путаницу в этих терминах и чего следует избегать.

Нормальная ось канатов—это линия оси канатов, когда она с осью барабанов (коренного вала) образует прямой угол. Это частный случай положения канатов на барабанах, когда угол девиации равен нулю.

Перечисленные оси показаны на рис. 1 и вполне характеризуют эксплуатационные условия монтажа и работы всей подъемной установки

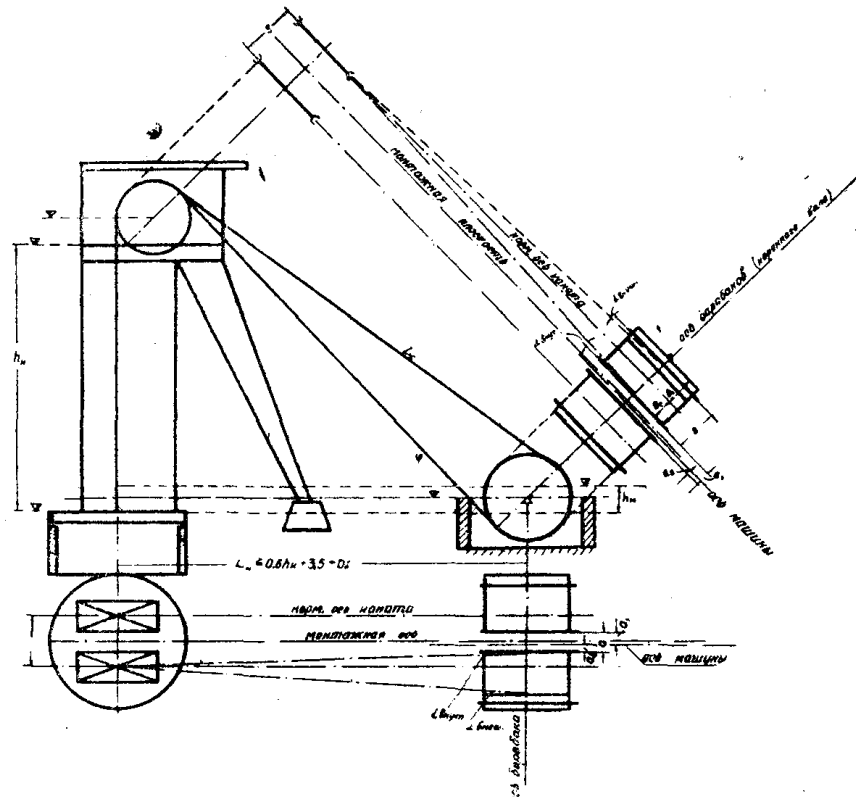


Рис. 1. Общая схема расположения нормальной подъемной машины относительно ствола шахты.

в течение длительного срока эксплуатации. Положение названных осей должно подвергаться ежегодному контролю путем маркшейдерской проверки, включая сюда и положение осей и плоскостей направляющих шкивов.

### Геометрическая схема расположения машины

При составлении проекта подъемной установки возникает вопрос о месте возможного расположения подъемной машины, о наивыгоднейшем месте при одной машине и расположения в допустимых пределах при расположении двух машин, работающих в одном стволе и расположенных с одной стороны копра. Последний случай часто имеет место в случае работы в стволе одной клетки с противовесом и нормальной скиповой установки.

Решение такой задачи облегчается, если предварительно, до построения конструктивной схемы расположения по типу рис. 1, построить геометрическую схему, показанную на рис. 2.

Построение геометрической схемы производится в такой последовательности. По вертикали откладывается в масштабе 1:200 известная высота копра— $h_k$ . От отметки устья ствола на расстоянии  $h_m$  проводится горизонтальная линия  $DE$ , на которой будет находиться ось барабанов.

Величина  $h_m$  получается из проекта поверхности, а при его отсутствии ориентировочно составляет в среднем нормально около 1 м.

Из точки  $A$ , соответствующей центру шкива, проводятся три линии:  $A_b$ —равная в масштабе максимальной длине струны каната, и две линии— $A_c$  и  $A_d$ , определяемые предельно допустимыми значениями углов девиации каната по внешнему и внутреннему углам и определяемые следующим образом.

Из геометрических построений имеем для правого барабана

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{внеш}} = \frac{B_1}{L_c} \quad (2)$$

и

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{внут}} = \frac{B_2}{L_c} \quad (3)$$

Значение величин показано на рис. 1. Вводя значения  $B_1$  и  $B_2$  через параметры установки: расстояние между осями свисающих канатов  $S$  и размера машины  $a = a_1 + a_2$  и предполагая, что монтажная ось совпадает с осью машины, т. е.

$$a_1 = a_2 = \frac{a}{2}, \quad (4)$$

а также придавая углам девиации внешнему и внутреннему их предельные значения  $1^\circ 30'$ , чему соответствует величина  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{38}$ , получим соответственно:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{внеш}} = \frac{B + \frac{a}{2} - \frac{S}{2}}{L_c} \quad (5)$$

и

$$L'_c = 19(2B + a - S), \quad (6)$$

а также

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{внут}} = \frac{\frac{S}{2} - \frac{a}{2}}{L_c} \quad (7)$$

и

$$L''_c = 19(S - a). \quad (8)$$

Таким образом, получаем выражения для предельного значения струны каната  $L'_c$  и  $L''_c$ , которые в масштабе откладываем от точки  $A$  (рис. 2). Остается еще отложить от точки  $C$ —оси свеса канатов или оси ствола шахты величину

$$L_m \geq 0,6h_k + 3,5 + D_6,$$

определяемую строительными требованиями фундамента копровых опор и фундамента машины.

В результате построений на линии  $DE$  (рис. 2) получим точки  $d, c, a, b$ ; причем расстояние между последними двумя точками  $a-b$  определяет участок возможного расположения оси барабанов.

В данном примере участок  $a-b$  определился размерами  $L_m$  и максимально допустимой длиной каната. Может оказаться, что нижний предел определится положением  $L'_c$ , т. е. максимальным углом девиации, т. е. точка  $c$  окажется правее точки  $a$ .

[illegible]

Ценность построения геометрической схемы для выяснения возможного и наивыгоднейшего места расположения машин состоит в простоте построения и внесения ясности в вопросе удовлетворения монтажных условий правильного расположения как монтируемой машины, так и дальнейшей ее замены новой машиной по истечении срока ее амортизации, без значительного перерыва в работе при переходе с одной машины на другую, вновь смонтированную на предусмотренном заранее месте в процессе проектирования и строительства шахты.

### Место крепления канатов на барабанах

Заводы, изготовители подъемных машин, конструируют машины таким образом, что канаты как правый верхний, так и левый нижний крепятся концами у внешних реборд барабанов, крепление их у внутренних реборд барабанов не предусматривается и в производственных условиях к нему прибегают редко, в исключительных случаях.

Крепление канатов у внешних реборд дает лучшее распределение изгибающих моментов на коренном валу, но на конструктивные размеры вала практического влияния не оказывает.

6

чем эти силы складываются и производят смещение барабанов и коренного вала вправо и влево за каждый цикл подъема.

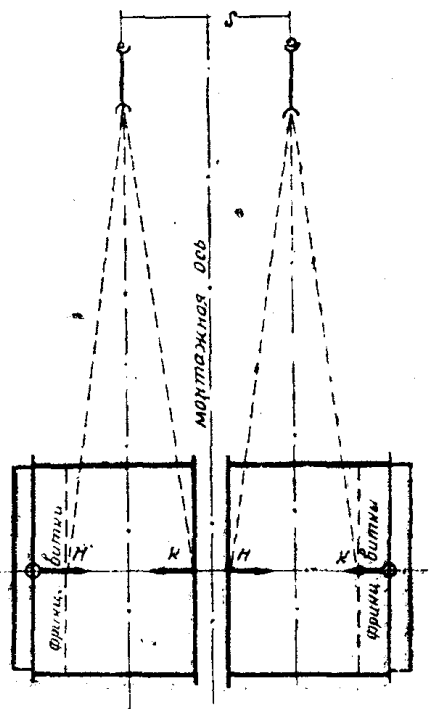
Величина горизонтальной составляющей зависит от концевой нагрузки каната и от угла девиации. Численное значение этой силы для стандартного ряда машин можно легко определить по максимально допустимой статической нагрузке на ветвях машины и предельному углу девиации, что показано в табл. 1.

Таблица 1

Тип машины	Допустимые максим. статические усилия на канат в т		Горизонт. состав. в кг		Сумма горизонт. сил	Разность горизонт. сил
	грузовая ветвь	порожн. ветвь	грузовая ветвь	порожн. ветвь		
2×3×1,3	11,8	7,8	310	206	516	104
2×3,5×1,5	16,0	10,0	421	264	685	157
2×4×1,7	17,5	9,5	460	250	710	210
2×5×2,3	23	13	605	342	947	263
2×2×2,4	27	15	710	395	1105	315

Из приведенной таблицы, составленной для случая закрепления канатов у внешних реборд барабанов по рис. 3, видно, что максимальная горизонтальная составляющая достигает значений от 516 до 1105 кг в начале движения, затем, после перехода канатов через нормальную ось канатов,

Рис. 3. Распределение горизонтальной составляющей за цикл подъема при обычном закреплении канатов у внешних реборд барабанов (горизонтальные составляющие складываются).



изменяет направление и в конце движения также возрастает, приближаясь к тем же значениям. Такое явление имеет место при каждом цикле подъема при условии полного использования машины по концевой нагрузке и навивочной части барабанов, причем величина горизонтальной составляющей будет значительно большей, если учесть силы инерции в период разбега машины. Совершенно очевидно, что наличие столь значительной

силы будет раскачивать вал, подрабатывать галтелями вала баббитовую заливку вкладышей коренных подшипников. Как будет показано ниже, увеличение разбега вала иногда приводит машину в полное расстройство и выводит в длительный капитальный ремонт, что в условиях работы шахты совершенно недопустимо.

### Предлагаемый способ крепления канатов

Путем изменения места крепления канатов на барабане: правого у внутренней реборды, а левого у внешней, как это показано на рис. 4, или наоборот, можно достичь такого состояния, когда горизонтальные составляющие вдоль оси вала будут направлены в разные стороны и будут взаимно компенсироваться на валу и останется неуравновешенной только разность горизонтальных сил. Разность сил, как это видно из

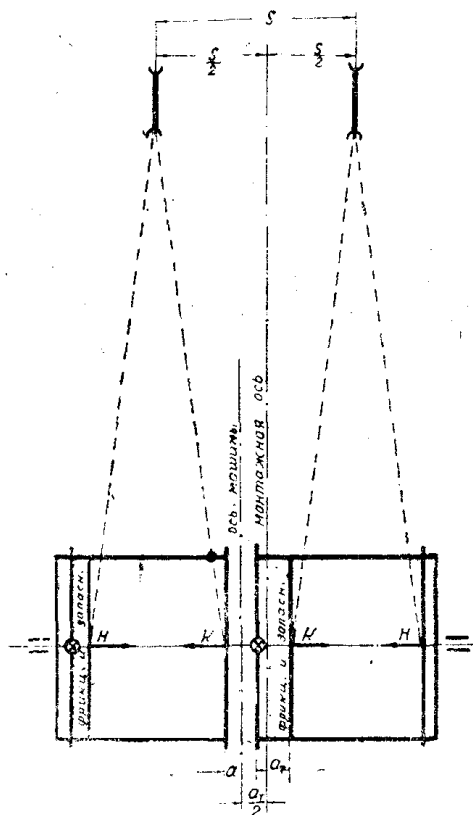


Рис. 4. Предлагаемое закрепление канатов—правого у внутренней реборды, левого—у внешней и смещение оси машины влево от монтажной. Горизонтальные составляющие взаимно компенсируются.

последнего столбца табл. 1, по своей величине незначительна и колеблется от 104 до 315 кг при тех же условиях работы машины. При таком способе закрепления канатов за счет фрикционных и запасных витков увеличиваются внутренние размеры  $a_1$  и  $a_2$ , так как ось машины и монтажная ось не могут совпадать, что должно быть учтено при проектировании машины и построении монтажной схемы—рис. 1, так же геометрической схемы—рис. 2 и при монтаже машины.

Закрепление канатов на разноименных концах барабанов ставит машину в более благоприятные эксплуатационные условия, а в случае неполного использования навивочной части барабана можно достичь полного уравновешивания горизонтальных составляющих от правого и левого канатов.

В расчетных формулах (5) и (7) при подстановке значения  $B_1$  и  $B_2$  в числитель этих формул следует внести поправку, так как вместо вели-

чины  $\frac{a}{2}$  будем иметь  $\frac{a+a_T}{2}$ , где  $a_T$  — навивочная часть правого барабана, занятая тремя витками трения и равная

$$a_T = 3(d + e), \quad (9)$$

где  $d$  — диаметр каната и  $e$  — зазор между витками. Тогда формулы (6) и (7) для данного случая будут иметь следующий вид для правого барабана

$$L'_{c\text{ пр}} = 19(2B + a - a_T - S) \quad (10)$$

и

$$L''_{c\text{ пр}} = 19(S - a + a_T). \quad (11)$$

Для левого барабана выражения для определения предельной длины струны каната будут иметь вид

$$L'_{c\text{ лев}} = 19(2B + a + a_T - S), \quad (12)$$

$$L''_{c\text{ лев}} = 19(S - a + a_T). \quad (13)$$

Монтажная ось (ось симметрии подъема) должна быть смещена от оси машины (оси симметрии машины) вправо на расстояние  $\frac{a_T}{2}$ , равное половине навивочной части правого барабана, занимаемой витками трения. Как видно из сравнения расчетных формул 5—8 и 10—13, величина углов девиации от смещения монтажной оси изменяется незначительно.

### Случай из практики

В Кузбассе на шахте А в июне 1949 г. вступила в эксплуатацию подъемная машина НКМЗ типа  $2 \times 5 \times 2,3$  для подъема максимального груза 5,25 т (порода), снабженная двумя трехтонными одноэтажными клетями. Концевая нагрузка ветвей максимальная 16 и 10 т, высота подъема с первого горизонта 105 м, рабочая часть витков на барабане составляла 7 витков и занимала всего 450 мм по ширине барабана.

Канаты укреплены концами нормально у внешних реборд. По случайным причинам рабочие части канатов были навиты на обоих барабанах справа от нормальной оси каната, как это показано на рис. 5.

Как видно из рис. 5б, горизонтальные составляющие оказались однозначно направленными в левую сторону без перемены знака в течение всего цикла подъема, составляя по величине силу, изменяющуюся от 180 до 410 кг при подъеме правой клетки и несколько меньше при подъеме левой клетки.

Через  $2\frac{1}{2}$  года эксплуатации машина пришла в полное расстройство, выразившееся в следующем: коренной вал с барабанами ушел влево и значительно подработал галтелью вкладыши левого подшипника, вследствие чего вышла из сцепления зубчатка к указателю глубины на правом барабане, и указатель глубины перестал работать и, наконец, не стала расцепляться зубчатая муфта, расположенная слева у левого барабана, и прекратилась возможность регулировать канат. Временная работа была обеспечена распором вала с левой стороны домкратом.

Кардинальное же решение было достигнуто тем, что рабочие витки канатов как правого, так и левого барабанов были переброшены влево от нормальной оси канатов с тем, чтобы обеспечивалась незначительная горизонтальная составляющая, направленная вправо.

После нескольких перегонов коренной вал и барабаны заняли свое нормальное положение, указатель глубины стал надежно работать и стало

возможным расцепление левого барабана зубчатой муфтой, т. е. машина была доведена до работоспособного состояния.

Приведенный случай показывает, сколь большое влияние оказывает на работу установки горизонтальная составляющая от канатов, и, кроме того,

дает рецепт, что в некоторых случаях эксплуатации при неполном использовании навивочной части барабана возможно регулировать величину и направление горизонтальной составляющей путем выбора рабочей части витков на определенном месте, навивочной части барабана, для улучшения условий эксплуатации подъемной машины.

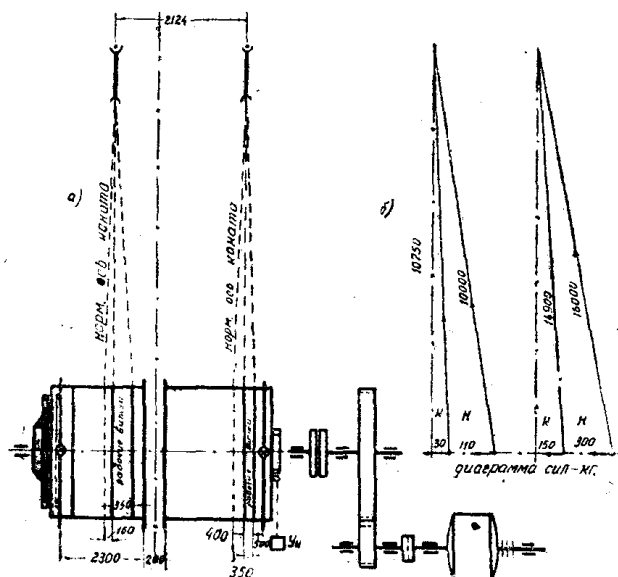


Рис. 5. Схема подъемной установки шахты А.

а) Машина  $2 \times 5 \times 2.3$ . б) Диаграмма сил при подъеме породы правой клетью. Горизонтальная составляющая изменяется от 410 до 180 кг и имеет одно направление — влево. X Место крепления концов каната на барабане.

### Дополнительные условия

Из вышеизложенного представляется возможным предложить дополнительные условия к расположению машины относительно ствола шахты. Эти условия относятся как к расположению машины, так и к незначительным конструктивным дополнениям в машине.

#### 1. Место крепления канатов

на правом барабане должно производиться у внутренней реборды, а на левом барабане — у внешней реборды.

2. Для крепления правого каната на внутренней реборде с внутренней стороны барабана должны быть предусмотрены конструкцией машины устройства (плашки) для крепления каната. С внешней стороны внутренней реборды канат крепить неудобно из-за близости левого барабана.

3. При расположении машины относительно ствола шахты монтажная ось и ось симметрии барабанов не должны совпадать. Выбор положения монтажной оси должен производиться с учетом равенства углов девиации канатов на правом и на левом барабанах согласно формул 9—13, и с этой точки зрения монтажная ось является осью симметрии подъемной установки, а ось барабанов можно назвать осью симметрии машины (а не установки).

4. Ось машины должна быть смещена влево от монтажной оси на величину  $\frac{a_T}{2}$ .

### Выводы

1. Условия расположения машины относительно ствола шахты должны быть дополнены условием компенсации горизонтальных составляющих вдоль вала барабанов.

2. Крепление канатов на барабанах должно производиться таким образом, чтобы конец правого каната крепился у внутренней реборды правого барабана, а левого каната — у внешней реборды левого барабана.



3. Монтажная ось установки должна проходить по середине суммы двух расстояний: между ребрами барабанов и величины витков трения на правом барабане —  $\frac{a + a_T}{2}$ .

Соблюдение предлагаемых дополнительных условий поставит подъемную машину в лучший режим эксплуатации и повысит ее производительность, так как уменьшится количество капитальных ремонтов, вызываемых подработкой вкладышей и связанной с этим трудоемкой работой по пере-заливке громоздких вкладышей подшипников.

### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине допущены опечатки
7	табл. 1	$2 \times 2 \times 2,4$	$2 \times 6 \times 2,4$	Редакции
16	рис. 4	$X_0 = 79$ м.	$x_0 = 7,9$ м.	Автора
35	23 сн.	для 10	для 9	Автора
92	рис. 6	65%	55%	Автора
93	табл. 2 графа 6	$\alpha_1$	$\alpha$	Автора
131	пункт 8	установки	установка	Автора
131	пункт 14	установки	установка	Автора
132	7 св.	маневровых	маневровой	Автора
134	3 сн.	одинаково	почти одинаково	Автора
163	16 св.	$rc/s^2$	$rc/\rho^2$	Редакции